

УДК 551.583

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СТРАН СНГ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

И. В. Мальнева

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»,
пр. Ленина, 2, г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, 360017 Россия

E-mail: malnir@mail.ru

Поступила в редакцию 20.11.2018 г.

Рассмотрены современные проблемы прогнозирования опасных геологических процессов в XXI в. Отмечено, что особенности развития наиболее опасных геологических процессов (оползней, селей и др.) обусловлены глобальными климатическими изменениями и техногенными факторами. Для оценки климатических изменений и крупнейших катастроф использована типизация циркуляции атмосферы Северного полушария Земли, разработанная под руководством Б.Л. Дзержевского. Материалы типизации с 1899 по 2017 г. размещены в сети Интернет в открытом доступе на сайте www.atmospheric-circulation.ru. Отмечены крупнейшие катастрофы, связанные с разрушительной активизацией оползней и селей. Рассмотрено взаимодействие природных и техногенных факторов при этих процессах. При прогнозировании учтены изменения солнечной активности и особенности космической погоды.

Ключевые слова: солнечная активность, элементарный циркуляционный механизм, оползни, сели, прогноз.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019160-69>

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие неуклонно растет количество катастрофических событий как в мире в целом, так и в отдельных странах. Многие катастрофические природные процессы связаны с проявлением опасных геологических процессов – оползней, селей и др. Изменилась активность экзогенных процессов, наиболее чувствительных к погодным условиям, прежде всего оползней и селей. *Общая причина катастрофических природных процессов – энергетические преобразования, происходящие в земной коре, ее поверхности и прилегающих к ней слоях атмосферы.* В последние десятилетия большое влияние на развитие природных катастроф оказывают глобальные климатические изменения на Земле. Вторым глобальным процессом, обуславливающим рост природных катастроф, следует считать техногенез, связанный с ростом индустриализации общества, увеличением потребления природных ресурсов [8]. В этой ситуации прогнозирование опасных экзогенных геологических процессов (ОЭГП) особенно актуально. *Современные проблемы прогнозирования ОЭГП связаны с особенностями этих глобальных процессов в настоящий период.*

В середине XX в. во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО) под руководством А.И. Шеко были разработаны методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов¹. В соответствии с этими рекомендациями были составлены долгосрочные прогнозы для различных регионов. Проверка прогнозов показала вполне удовлетворительную их оправдываемость. Так хорошо оправдался прогноз катастрофического проявления оползней и селей на Северном Кавказе в 2002 г., сделанный в 1994 г. по заданию МЧС России. Однако в настоящее время очень многое изменилось, так как значительно увеличилась роль техногенных факторов в развитии процессов. Возникла необходимость в совершенствовании методики прогнозирования как опасных геологических процессов, так и основных изменяющихся факторов, их обуславливающих. Наблюдения за режимом ОЭГП после

¹ Методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов в системе государственного мониторинга геологической среды / А.И. Шеко, Г.П. Постоев, В.С. Круподеров, В.И. Дьяконова, И.В. Мальнева, С.И. Парфенов, А.А. Бондаренко, Л.В. Круглова. М.: ВСЕГИНГЕО, 1999. 78 с.

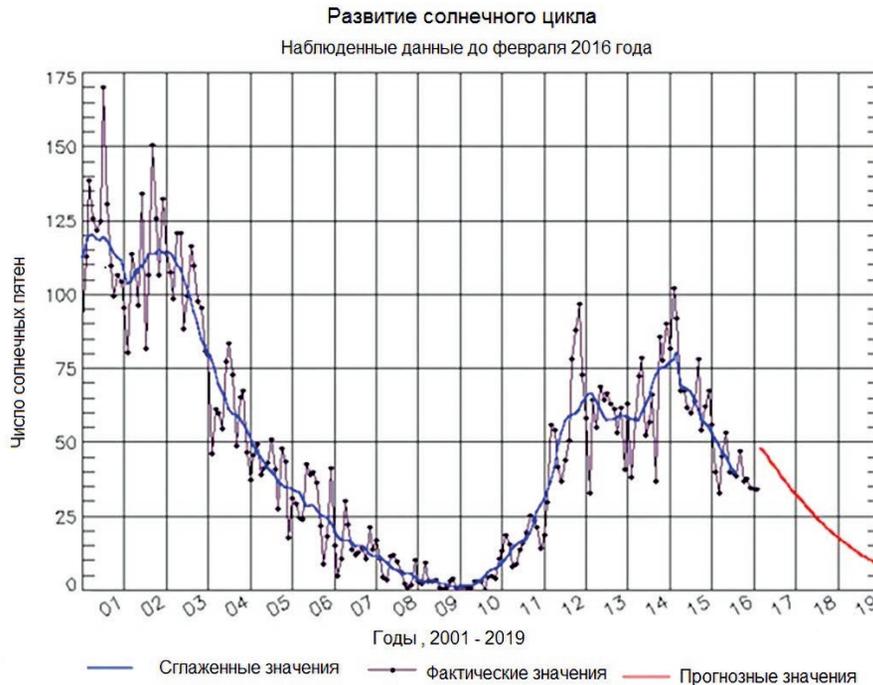


Рис. 1. Прогноз 24-летнего цикла солнечной активности, произведенный NOAA (Национальная океанографическая и атмосферная администрация США) в феврале 2016 г.; http://images.spaceref.com/news/2009/prediction_strip2.jpg.

1991 г. из-за экономических трудностей практически прекратились. Вместе с тем в последние десятилетия ущерб от природных катастроф стремительно растет. Поэтому в настоящее время особое внимание уделяется гражданской защите и обеспечению безопасности населения и народно-хозяйственных объектов. При этом наибольшее значение приобретают оперативные прогнозы, которые позволят за несколько дней и даже часов предупредить о возможной опасности. Долговременные прогнозы, которые рассматриваются в общей схеме прогнозирования, по-прежнему важны, но при их составлении необходимо учитывать изменения в развитии основных факторов опасных геологических процессов на современном этапе.

СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изменения в характере солнечной активности

При составлении прогнозов в настоящее время возникают существенные проблемы на федеральном уровне (фоновые прогнозы заблаговременностью 10–15 лет). Изменилась тенденция важнейших быстроизменяющихся факторов — активности Солнца и состояния климатической системы, определяющих тенденцию изменения циркуляции атмосферы и, соответственно, основных метеорологических факторов.

Все факторы, определяющие развитие опасных природных процессов сложной многокомпонентной системы, взаимосвязаны и взаимообусловлены. Главным звеном в этой цепи причинно-следственных связей является энергия, поступающая от Солнца. В соответствии с методикой [10], для выявления основной тенденции развития процессов и быстроизменяющихся факторов ранее учитывались циклический характер их развития и наличие существенных связей с солнечной активностью. Считалось, что многолетние данные по солнечной активности (выраженной в числах Вольфа), наблюдаемой с 1749 г., позволяют экстраполировать ее изменения, а следовательно, и тенденцию связанных с ней природных явлений, в том числе и ОЭГП, на много лет вперед. Важным фактором при составлении прогнозов было наличие в изменении солнечной активности четко выраженных 11-летних циклов, к той или иной части которых были приурочены, как правило, проявления ОЭГП в различных регионах России и стран СНГ. Однако в настоящее время периодичность проявления этих циклов нарушилась. Количество пятен на Солнце в настоящем 24-летнем солнечном цикле очень мало, пятен на Солнце почти нет. Согласно сценарию цикличности, для достоверных циклов солнечной активности (СА) 24-летний цикл открывает вторую эпоху “пониженной” СА, которая

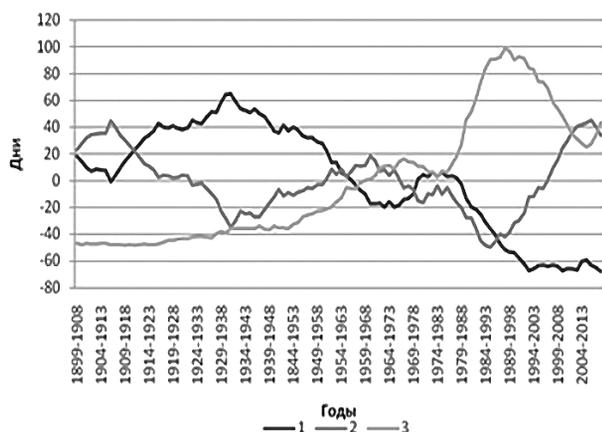


Рис. 2. 10-летние скользящие средние отклонения продолжительности различных групп циркуляции Северного полушария за 1899–2017 гг. от средней за тот же период. Группа: 1 – зональная + нарушение зональности; 2 – блокирующих процессов; 3 – выходов циклонов из низких широт в высокие (по Н.К. Кононовой [5]).

перекроет всю первую половину XXI в. [3], т.е. наблюдается глубокий минимум 24-летнего цикла. Ряд исследователей обращают внимание на то, что последний 24-й одиннадцатилетний цикл совпадает с началом нового 100-летнего цикла СА. По ряду косвенных показателей ученые пришли к выводу, что новый 100-летний цикл за многие столетия или даже тысячелетия будет периодом минимальной солнечной активности (рис. 1). Предполагается, что надвигается “эра пассивного Солнца”, когда количество тепловой энергии, поступающей от звезды, значительно уменьшится. Многими учеными отмечено, что солнечный цикл нерегулярен, и ранее не наблюдалось подобного снижения всех показателей, как в настоящее время. Как отмечают специалисты лаборатории рентгеновской астрономии Солнца ФИАН, “Солнце, похоже, окончательно выпускает Землю из своих рук. Главным фактором космической погоды стал солнечный ветер – поток плазмы, образующийся в результате непрерывного истечения верхних слоев солнечной атмосферы в окружающее космическое пространство. При изменении скорости и плотности этого потока меняется и давление, которое он оказывает на атмосферу Земли, – оно то усиливается, то ослабляется. Поле Земли при этом выходит из равновесия и испытывает колебания. Солнечный ветер становится основным фактором космической погоды”². Эти процессы на Солнце оказывают влияние на все земные процессы и их активность.

² Лаборатория рентгеновской астрономии Солнца ФИАН. <http://tesislebedev.ru>.

Особенности изменения глобальной атмосферной циркуляции

Для оценки крупнейших катастроф целесообразно использовать особенности глобальной атмосферной циркуляции, которые являются одной из причин изменения климата и значительной активизации оползней, селей и других процессов, стимуляция которых обусловлена гидрометеорологическими экстремумами.

Для изучения режима ряда природных процессов (селей, лавин, оползней и др.) в соответствии с разработанной ранее методикой использована типизация макроциркуляционных процессов, разработанная Б. Л. Дзерdzeевским и др. [4]. В отличие от других эта типизация рассматривает циркуляционные процессы на всем Северном полушарии от полюса до экватора. В ней в равной степени освещаются территории, расположенные на разных широтах и долготах, без оказания предпочтения какому-либо региону, а также учитываются сезонные преобразования атмосферной циркуляции. Использован имеющийся к настоящему времени календарь последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) с 1899 по 2017 г. как в публикациях, так и на сайте www.atmospheric-circulation.ru. Это позволяет составить достаточно длинные и представительные временные ряды, имеющие большое значение при прогнозировании ОЭГП на федеральном уровне.

В первом десятилетии XXI в. на территории России резко изменился характер циркуляции атмосферы, определяющей погодные условия. В последней четверти XX в. здесь преобладали выходы южных циклонов в сочетании с антициклонами на юге России [4, 5]. В начале века повторяемость указанных процессов уменьшилась, но больше стала продолжительность меридиональной южной циркуляции в сочетании с меридиональной северной (рис. 2).

Многолетние исследования особенностей развития и активности различных опасных природных процессов (оползней, селей и др.) в различных регионах России и ближнего зарубежья позволили выделить ЭЦМ 13л и 12а как наиболее опасные по их влиянию на динамику упомянутых процессов.

При ЭЦМ 13л (рис. 3а), обуславливающим опасные явления на большой территории, отмечается 4 выхода южных циклонов на область Северного полушария. За короткое время прохождения циклона (1–2 суток) выпадают обильные осадки, имеющие обеспеченность менее 1%, часто в виде интенсивных ливней. Это приводит к активизации оползневого, селевого, эрозионного и др.

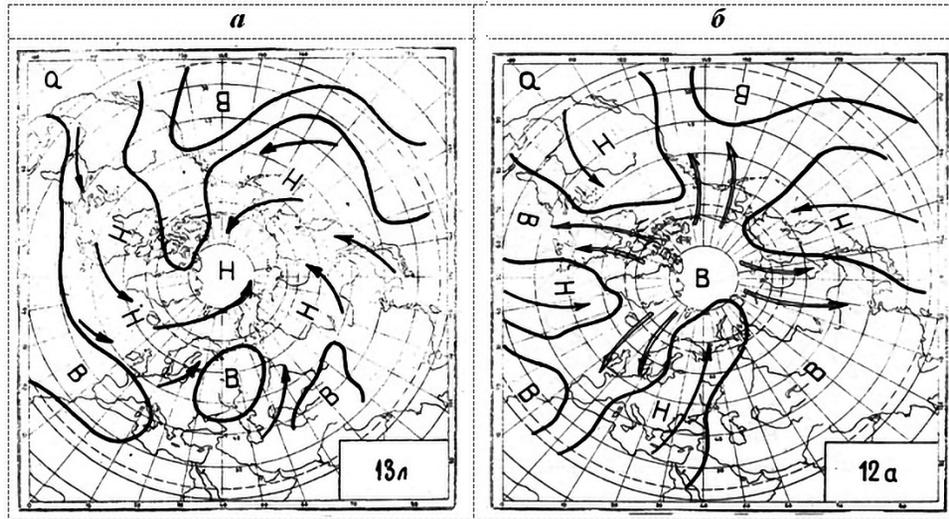


Рис. 3. Типовые схемы ЭЦМ 13л (а) и 12а (б). Буквы В и Н означают высокое и низкое давление. Стрелки с юга на север показывают направление выходов южных циклонов.

процессов. Как правило, с ЭЦМ 13л связано повышение температуры воздуха.

В отличие от ЭЦМ 13л – макропроцесса летнего периода, ЭЦМ 12а (рис. 3б) развивается в основном в переходные сезоны. При нем наблюдается большая неустойчивость атмосферы, повышенная турбулентность и обострение атмосферных фронтов. При своеобразной “борьбе” северных и южных воздушных масс при ЭЦМ 12а в течение нескольких дней может происходить частая смена погоды, что в значительной степени способствует формированию селей и возникновению лавин.

Структура современного периода (1998–2017 гг.) обеспечивает наибольший с 1899 г. межширотный обмен воздушных масс. Наблюдаются необычайно возмущенное состояние атмосферы, частая смена погоды, рост повторяемости метеорологических экстремумов.

В течение XX в. на погодные условия оказывали влияние ЭЦМ 13л, 12а, 9а, их преимущественное влияние сохранилось и в начале XXI в., но в отличие от конца прошлого столетия среди наиболее продолжительных ЭЦМ доминировал механизм с блокирующими процессами (12-й тип). ЭЦМ 12а – самый турбулентный макропроцесс на Северном полушарии, с ним связаны обильные осадки, наводнения, сели и оползни на Кавказе, в Сибири и на Дальнем Востоке

Погодные условия при ЭЦМ 12а и 13л обеспечивают оптимальный режим для активизации оползневых процессов, особенно при условии преобладания неустойчивых глинистых пород, что характерно для многих районов России и ближнего зарубежья. Все это необходимо учи-

тывать в настоящее время при долговременном прогнозировании опасных природных процессов. С ЭЦМ 12а связано увеличение количества осадков в высокогорье в мае–июне. Летом при ЭЦМ 13л уменьшается количество осадков, но повышается температура воздуха, чем обусловлена активизация гляциальных селей (на территории России в Кабардино-Балкарии, а также в Грузии и Казахстане) и связанные с ними оползни [5, 7].

На основании имеющихся фактических данных составлен долговременный прогноз этих наиболее процессоопасных типов циркуляции (рис. 4). На рис. 4 можно отметить совпадение продолжительности ЭЦМ 12а и 13л в настоящее время и по прогнозу в ближайшие годы. Ранее за рассматриваемый период (1947–2017 гг.) такого совпадения не наблюдалось. Возможно, именно этой причиной можно объяснить чрезвычайную неустойчивость погоды в настоящее время и ближайшем будущем в Северном полушарии.

Прогнозы ОЭГП, составленные на основании анализа изменения солнечной активности и циркуляции атмосферы, показывают только тенденцию. Но при этом указываются периоды, в течение которых наиболее вероятны природные катастрофы.

ТЕХНОГЕНЕЗ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Активность селей, оползней и других ОЭГП в XXI в. (в отличие от XX в.), помимо влияния климатических факторов, все в большей степени обусловлена техногенным фактором. **При этом наиболее сильная активизация оползней и селей про-**

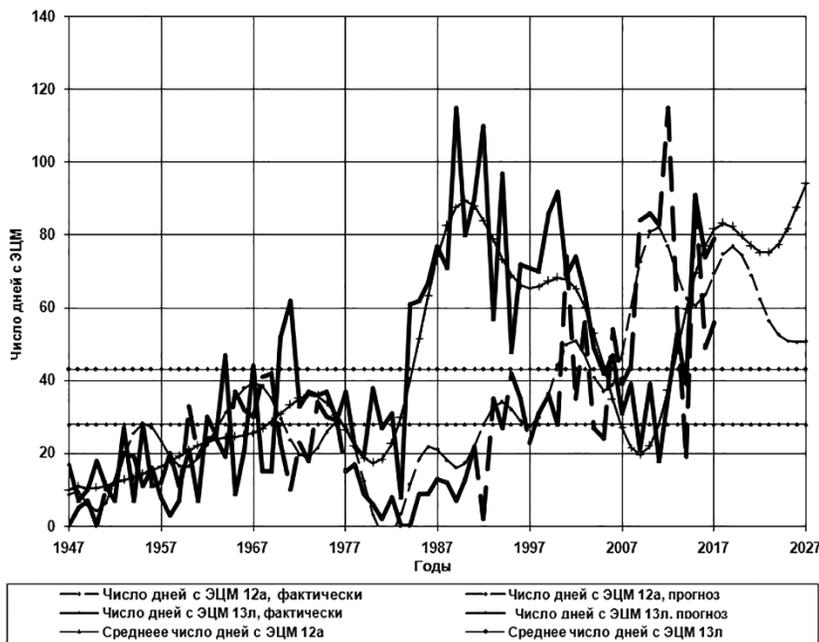


Рис. 4. Многолетний ход числа дней с ЭЦМ 12а и 13л. Фактические значения построены по данным сайта www.atmospheric-circulation.ru; прогнозные значения рассчитаны по программе MAPR (ВСЕГИНГЕО).

исходит при совместном влиянии природных и техногенных факторов. Анализ крупнейших катастроф XXI в., связанных с опасными геологическими процессами, подтверждает это положение.

Катастрофическое наводнение и связанная с ним активизация оползней и селей произошли в июле 2012 г. на Северном Кавказе (в частности, в г. Крымске). Одной из причин гибели людей при наводнении стало пренебрежительное отношение к состоянию рек и неправильное строительство сооружений в зоне их разлива. Не последней предпосылкой подобной трагедии на Черноморском побережье летом 2012 г. явилось неконтролируемое заселение потенциально опасных территорий.

Важнейшей задачей исследований стало изучение проявлений ОЭГП, прогнозирование их активизации и районирование территории Большого Сочи и Красной Поляны – района проведения зимней Олимпиады 2014 г., по степени их опасности. В процессе исследований были разработаны новые методы прогнозирования и оценки опасности экзогенных геологических процессов [6].

В начале XXI в. на указанной территории в период строительства олимпийских объектов резко возросли техногенные нагрузки. Основными видами воздействия являлись несанкционированное складирование отвалов грунта на склонах, подрезки склонов при строительстве объектов олимпийской инфраструктуры, пригрузка головных частей существующих оползней. В услови-

ях низкой естественной устойчивости территории все это привело к активному развитию как собственно техногенных проявлений ОЭГП, так и парагенезов техногенных и ассоциированных с ними природных явлений. Своеобразие смешанных проявлений заключается в том, что вследствие широкого развития выветрелых и интенсивно тектонически нарушенных пород весьма малой механической прочности в процесс, начинающийся в техногенно нарушенных грунтах, вовлекается значительное количество грунтов, находящихся в естественном залегании. В результате объемы последних зачастую существенно превышают объемы техногенных грунтов, инициировавших данное проявление, поскольку основным материалом, изначально подверженным гравитационным процессам смещения, являются перемещенные грунты преимущественно делювиально-элювиального чехла, в меньшей степени коренных интенсивно тектонически дислоцированных отложений. Активность техногенно обусловленных процессов минимум на порядок превышает активность аналогичных процессов в естественном развитии [6].

Как считают авторы доклада, подготовленного Кавказской сетью неправительственных организаций по охране окружающей среды³, последствия разрушительного наводнения в Грузии (г. Тбилиси) в 2015 г., жертвами которого стали 19 человек, были обусловлены, наряду с естественными при-

³ CENN, <http://txt.newsru.com/world/27apr2005/potop.html>.

чинами, хозяйственной деятельностью в пойме р. Вере. Стихийное бедствие в Тбилиси было вызвано интенсивными осадками в водосборном бассейне реки. «По нашим наблюдениям, в результате такого дождя за 3–3,5 часа выпало около 100 мм осадков в бассейне реки Вере, что является примерно двухмесячной нормой для бассейна этой реки», — отмечается в докладе. Но специалисты считают, что главной причиной катастрофических последствий наводнения было недалёковидное и необдуманное освоение человеком низменных районов русла р. Вере еще с середины прошлого века. В результате чрезвычайно интенсивного техногенного воздействия были созданы условия для активизации экзогенных геологических процессов при аномальных осадках, прежде всего оползней, следствием чего и стало катастрофическое наводнение в Тбилиси.

РОЛЬ КРАТКОСРОЧНЫХ И ОПЕРАТИВНЫХ ПРОГНОЗОВ И НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ИХ СОСТАВЛЕНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Для получения необходимых данных для краткосрочных и оперативных прогнозов ОЭГП требуется очень большой комплекс наблюдений, преимущественно инструментальных, а технология и методика этих наблюдений мало разработана. Нужно отметить, что составление прогнозов возможно только при межведомственном информационном взаимодействии (МЧС, Росгидромет, Роснедра), особенно в период аномальных погодных явлений. На этом уровне большое значение имеет техническое оснащение, использование современных приборов при ведении мониторинга. Для повышения точности оперативной оценки опасности селей, оползней и других опасных геологических процессов целесообразно подвергать анализу все поддающиеся измерению показатели природных явлений и факторов, обуславливающих развитие опасного процесса на конкретной территории — гидрометеорологические, сейсмические, инженерно-геологические, а также некоторые зависящие от эпизодических проявлений активности процессов на Солнце показатели параметров физики солнечно-земных связей. В первую очередь, это скорость плазмы солнечного ветра в околоземном пространстве и плотность протонов в нем. Солнечный ветер — основной агент, посредством которого активные процессы на Солнце влияют на состояние околоземного пространства, геомагнитосферы и приповерхностной области Земли. Это дополнительный источник энергии при развитии природных процессов. Посредством солнечного ветра происходит перенос импульса и энергии от Солнца к Земле и другим планетам. Эти показа-

тели могут оказывать вспомогательное, а иногда и решающее влияние на развитие ОЭГП в настоящий период низкой солнечной активности, как указано выше.

На характеристику космической погоды мы обратили внимание при ежегодных исследованиях условий формирования селей в Приэльбрусье в период 2001–2018 гг. (после катастрофического селя 2000 г.) [1].

Предположения о влиянии космической погоды на развитие ОЭГП, в том числе и возникновение природных катастроф, потребовали изучения специальных публикаций по данному вопросу [9]. Было отмечено, что влияние космической погоды может проявить себя только тогда, когда для него будут подготовлены земные природные условия, в значительной степени определяющие активность опасных природных процессов. Хотя вопрос еще мало разработан, но имеющиеся фактические данные позволяют очень серьезно относиться к возможности использования характеристик космической погоды для составления и уточнения оперативных прогнозов опасных геологических процессов.

Основные параметры плазмы геоэффективного солнечного ветра вблизи орбиты Земли — скорость плазмы солнечного ветра, измеряемая в километрах в секунду (км/с), и концентрация (плотность) протонов в плазме солнечного ветра, измеряемая количеством частиц в кубическом сантиметре (ед./см³). Наибольшие амплитуды всплесков значений скорости солнечного ветра, достигающие до 1800–2300 км/с, и протонов — до 10–50 ед./см³ и более наблюдаются тогда, когда он истекает из корональных дыр — открытых магнитных конфигураций с расходимостью магнитных силовых линий [9].

При исследованиях селей в период их формирования и прохождения в первую очередь были использованы временные ряды количественных значений скорости солнечного ветра, полученные измерительными приборами поближе к Земле, начиная с орбит космических аппаратов SOHO, ACE, NOAA POES. Фактические данные по солнечному ветру помещены в сети Интернет в открытом доступе (например, на сайтах <http://www.swpc.noaa.gov/products>, <http://spaceweather.com/>, www.tesis.lebedev.ru).

На основании имеющихся данных были собраны сведения о наиболее значительных проявлениях оползней и селей на территории России и стран СНГ в XXI в. и сопоставлены с некоторыми параметрами солнечного ветра (табл. 1). Из приведенных данных следует, что накануне ката-

Таблица 1. Показатели параметров солнечного ветра при наиболее значительных природных катастрофах в России и странах СНГ в XXI в.

Катастрофические проявления	Скорость солнечного ветра, км/с	Средняя часовая плотность протонов, ед./см ³
Многофазный селевой поток по р. Герхожансу, 18-25.07.2000 г.	13–17.07.2000 г. 600–1000	13.07.2000 г. 14–22
Катастрофические наводнения, сели, оползни на Северном Кавказе, лето 2002 г.	Июнь 2002 г. > 500 19–31.07.2002 г. 700–843	Июнь 2002 г. 11–19
Обвал ледника Колка, 20.09.2002 г.	18–19.09.2002 г. > 700	
Сели на Северном Кавказе, в том числе по р. Герхожансу, 3.08.2011 г.	Июль 2011 г. 550–700, 1.08.2011 г. 580–680	
Катастрофическое наводнение в г. Крымске, 7.07.2012 г.	с 1.07.2012 г. до катастрофы > 650	
Наводнение в Тбилиси, в ночь с 13 на 14 июня 2015 г.	540–590	12.06.2015 г. 12–17 13.06.2015 г. 7–12
Сель в Алма-Ате, 23.07.2015 г.		22.07.2015 г. Увеличение с 12 до 22
Селевой поток после схода ледника Девдораки, 17.06.2016 г.	Июнь 2016 г. 517–534	
Селевые потоки на территории Горно-Бадахшанской АО Таджикистана, 27.04.2017 г.	В течение 8 дней до 29.04.2017 г. 549–715	10–14
Оползень и сель в Ошской обл. Кыргызстана, 29.04.2017 г.	То же	
Сели на Северном Кавказе по р. Герхожансу, 14–15.08.2017 г.	638	
Прорыв оз. Башкара и катастрофический сель по долине р. Адылсу (Северный Кавказ), в ночь с 31 августа на 1 сентября 2017 г.	594–670	

Примечание. Курсивом обозначены даты и времена применительно к проявлениям процессов и выполнению замеров значений параметров солнечного ветра.

строф сначала увеличивалась плотность протонов, а затем – скорость солнечного ветра.

В табл. 1 целесообразно обратить внимание на катастрофический сель в долине р. Адылсу. В ночь на 1.09.2017 г. катастрофический селевой поток, возникший вследствие прорыва оз. Башкара и вызвавший много разрушений, прошел по долинам рек Адылсу и Баксан в Приэльбрусье. Озеро Башкара всегда было селеопасно, и в конце 1950-х годов его прорывы уже приводили к разрушительным селевым потокам по долине р. Адылсу. Наблюдение за ним велось постоянно, публиковались работы о нарастании угрозы. За последние десятилетия, особенно в 2008 г., вода из оз. Башкара стала вновь переливаться через огра-

ничивающий его вал (морену). Затем ситуация стабилизировалась, до 2015 г. уровень воды в озере высоко не поднимался. Опасность формирования гляциального селя в долине р. Адылсу вследствие прорыва высокогорного оз. Башкара в июле 2008 г. прогнозировалась многими специалистами МГУ им. М.В. Ломоносова, Высокогорного геофизического института и других организаций. Однако прорыва не случилось, и соответствующие организации не стали применять серьезных мер по предотвращению прорыва в будущем. В его зарождении в 2017 г. сыграли роль как интенсивные осадки, так и прорыв приледникового озера Башкара. При отсутствии столь обильных осадков прорыв озера в 2017 г. был бы маловероятен (как он и не случился в 2008 г.).

Таблица 2. Выборочная характеристика солнечноветровых параметров космической погоды в селе-опасный период 2017 г.

Даты в августе 2017 г.	Скорость солнечного ветра, одноминутные замеры,* км/с	Плотность протонов, одноминутные замеры, ед./см ³
04	418	в 7 час. – 36.2
05	732.5	7.0
06	661.3	5.1
07	541.5	5.5
08	471	5.4
09	444.6	5.8
10	415.5	6.3
12	В 7 час. – 540.4 Поздно вечером – до 700	8.4
14	638.3	5.1
23	474.7	9.8
29	406.4	в 17 час. – 16.4, затем – 21.7, потом 12.8
31	В 21 час 47 мин. – 594	в 5 час. – 52.6, в 6 час. – 26.5, затем меньше
01 сентября	670.9	16.0

Примечание. Полужирным шрифтом выделены аномальные значения показателей.

Катастрофа в долине р. Адылсу в значительной степени объяснима влиянием космической погоды. Наблюдались аномальные показатели скорости солнечного ветра и плотности протонов – как в период формирования катастрофического паводка, так и в течение всего августа (табл. 2). Тогда солнечный ветер из коронарного отверстия на Солнце впервые достиг Земли примерно 13 августа. Наблюдались его высокая скорость и увеличенная плотность протонов. На леднике Каяартыбаши, где происходило зарождение селя 14 августа, кинетическая энергия тяжелых частиц (протонов и электронов) переходила в тепловую энергию. В погребенных льдах, соответственно, высвобождалось большое количество воды, в том числе на ложе ледника. А материал для твердой составляющей селей там имелся в огромном количестве. В это же время произошло небольшое землетрясение на границе Ставропольского края и Карачаево-Черкесии, которое, возможно, оказало и свое влияние на сход селя.

Основанием для таких выводов служит следующее. На основании обработки большого количества фактического материала и содержащихся в них сведений автор публикации [2] соотносит феномен прорывных инжекций в приповерхностную область Земли сгустков отсоединившихся в геомагнитосферу компонент геоэффективного солнечного ветра с данными о проявлении других катастрофических

природных процессов. В качестве примера рассматриваются землетрясения в Японии 11.03.2011 г., Чили и Италии. Автор отмечает, что геомагнитосфера не обеспечивает 100% защиту от ударных волн – раз за разом выбрасываемых Солнцем в сторону Земли высокоскоростных сгустков солнечно-ветровой плазмы. В пределах пространства всего земного шара то здесь, то там происходят прорывающие магнитное поле Земли инжекции сгустков компонент солнечного ветра. К сожалению, место попадания этих инжекций на Землю заранее предсказать невозможно. Оно узнается только по своим следам. Для изучения этой проблемы целесообразно обратить внимание на земные атмосферные синоптические барические депрессионные элементарные детали, как следствие прорывных выше названных инжекций в приповерхностную область Земли. Депрессивность, оформившаяся в виде циклоноидов, четко отражается на картах абсолютной барической топографии АТ-500 hPa. В метеорологии это отражение высотной ситуации (4.6–6.0 км над земной поверхностью). Далее информацию дополняют обычные приземные карты изобар. Для анализа этой синоптической ситуации рекомендуется использовать карты Северного полушария Земли, которые ежедневно обновляются в открытом доступе в Интернете (например, сайт www.wetterzentrale.de/topkarten/favneur.html) [1, 2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пока не поменяется существующая направленность изменения активности Солнца, тенденцию развития ОЭГП на конкретной территории целесообразно прогнозировать на основании атмосферной циркуляции.

В настоящее время увеличилась необходимость в составлении оперативных прогнозов опасных экзогенных геологических процессов заблаговременностью, по крайней мере, 2–3 суток.

Для составления оперативных прогнозов селей на территории России и стран СНГ необходима установка разнообразных приборов наблюдения за различными факторами развития опасных геологических процессов, а также целесообразно использовать сведения о космической погоде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гонсировский Д.Г. О возможном влиянии плазмы солнечных вспышек на возникновение гляциальных селевых потоков на Земле // Жизнь Земли. 2017. Т. 39. № 2. С. 147–154. [Электронный ресурс: www.zhiznzemli.mes.msu.ru/arkhiv-zhurnal].
2. Гонсировский Д.Г. Иницировавший Геналдонскую катастрофу 2002 г. космопогодный фактор как аргумент защиты от недоучета причин события и последующего несоотносимого с фактами принятия административно-правовых мер наказаний // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2017. № 3 (7). С. 22–32. [Электронный ресурс: www.anchr.ru/genb/stati/ — www.anchr.ru/soderzhanie-zhurnal-3-2017-g-3].
3. Ишков В.Н. Космическая погода в 24 солнечном цикле и его особенности развития в 2017 г. // Тринадцатая конф. «Физика плазмы в солнечной системе»: сб. тез. докл. (12–16 фев. 2018 г., Москва, ИКИ РАН). С. 297. [Электронный ресурс]. <https://plasma2018.cosmos.ru/docs/abstract-book-plasma2018.pdf>.
4. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзерdzeевскому / Отв. ред. А.Б. Шмакин. М.: Воентехиниздат, 2009. 372 с.
5. Кононова Н.К. Изменения циркуляции атмосферы Северного полушария в XX–XXI столетиях и их последствия для климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. № 1. С. 127–156.
6. Крестин Б.М., Мальнева И.В. Активность оползневых и селевых процессов на территории Большого Сочи и ее изменения в начале XXI века // Геоэкология. 2015. № 1. С. 21–29.
7. Мальнева И.В., Кононова Н.К. Активность селей на территории России и ближнего зарубежья в XXI веке // Геориск. 2012. № 4. С. 48–54.

8. Осипов В.И. Природные катастрофы: анализ развития и пути минимизации последствий // Проблемы анализа риска. 2015. Т. 12. С. 84–93.
9. Плазменная гелиогеофизика / Под ред. Л. М. Зелёного, И. С. Веселовского. М.: Физматлит, 2008. Т. 1. 672 с.
10. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. М.: Недра, 1980. 296 с.

REFERENCES

1. Gonsirovskii, D.G. *O vozmozhnom vliyanii plazmy solnechnykh vspyshek na vozniknovenie glyatsial'nykh selevykh potokov na Zemle* [About the possible influence of solar flare on the occurrence of glacial mudflows on the Earth]. *Zhizn' Zemli*, 2017, vol. 39, no. 2, pp. 147–154. (in Russian). Available at: www.zhiznzemli.mes.msu.ru/arkhiv-zhurnal.
2. Gonsirovskii, D.G. *Initsirovavshii Genaldonskuyu katastrofu 2002 g. kosmopogodnyi faktor kak argument zashchity ot nedoucheta prichin sobytiya i posleduyushchego nesootnosimogo s faktami prinyatiya administrativno-pravovykh mer nakazanii* [Caused the 2002 Genaldon catastrophe space-weather factor as an argument in defense against ignoring the causes of event and legal penalties incompatible with facts]. *Groznenskiy estestvennonauchnyi byulleten*, 2017, no. 3 (7), pp. 22–32. (in Russian). Available at: www.anchr.ru/genb/stati/ - www.anchr.ru/soderzhanie-zhurnal-3-2017-g-3.
3. Ishkov, V.N. *Kosmicheskaya pogoda v 24 solnechnom tsikle i ego osobennosti razvitiya v 2017 g.* [Space weather in the 24th solar cycle and its features of development in 2017]. *Sb. tez. dokl. 13th konf. «Fizika plazmy v solnechnoy sisteme» (12–16 fev. 2018 g. Moskva. IKI RAN)* [Abstracts, 13th Conf. on Plasma Physics in the Solar System, February 12–16, 2018, Moscow, IKI RAS], p. 297. Available at: <https://plasma2018.cosmos.ru/docs/abstract-book-plasma2018.pdf>.
4. Kononova, N.K. *Klassifikatsiya tsirkulyatsionnykh mekhanizmov Severnogo polushariya po B.L. Dzerdzeevskomu* [Classification of the circulation mechanisms of the Northern Hemisphere according to B.L. Dzerdzeevsky]. A.B. Shmakina (ed.), Moscow, Voentekhnizdat Publ., 2009, 372 p. (in Russian)
5. Kononova, N.K. Changes in the atmosphere circulation in the Northern hemisphere in the 20th and 21st centuries and their consequences for climate]. *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya*, 2015, no. 1, pp. 127–156. (in Russian)
6. Krestin, B.M., Malneva, I.V. The activity of landslide and mudflow processes in the territory of Greater Sochi and its variation in the beginning of the XXI century. *Geoekologiya*, 2015, no. 1, pp. 21–29. (in Russian)

7. Malneva, I.V., Kononova, N.K. The activity of mudflows on the territory of Russia and CIS countries in the 21st century]. *Georisk*, 2012, no. 4, pp. 48–54. (in Russian)
8. Osipov, V.I. Natural catastrophes: analysis of development and ways of minimizing the consequences. *Problemy analiza riska*, 2015, vol. 12, pp. 84–93. (in Russian)
9. *Plazmennaya geliogeofizika* [Plasma heliogeophysics]. Zelenyi, L.M., Veselovskii, I.S. (eds.), Moscow, Fizmatlit Publ., 2008, vol. 1, 672 p. (in Russian)
10. Sheko, A.I. *Zakonomernosti formirovaniya i prognoz selei* [Regularities of formation and forecast of mudflows]. Moscow, Nedra Publ., 1980, 296 p. (in Russian)

PREDICTION OF MODERN GEOLOGICAL PROCESSES IN THE TERRITORY OF RUSSIA AND CIS COUNTRIES IN THE EARLY XXI CENTURY

I. V. Mal'neva

*High-Mountain Geophysical Institute,
pr. Lenina 2, Nal'chik, Kabarda-Balkar Republic, Russia
E-mail: malnir@mail.ru*

The paper considers the modern problems in prediction of hazardous geological processes in the XXI century. It is noted that the peculiarities of the prediction of the most hazardous geological processes (landslides, mudflows, etc.) are connected with global climatic changes and a technogenic factor. The assessment of climatic changes and the most largest catastrophic disasters was carried out with use of the typification of atmospheric circulation in the Northern hemisphere, developed by B. L. Dzerdzevskii. The data of the typification for the period from 1899 to 2017 can be found on the Internet website www.atmospheric-circulation.ru in open access. The major disasters are considered that caused an activation of landslides and mudflows. The interaction of natural and technogenic factors is described during these disasters. The prediction took into consideration the changes in solar activity and features of space weather.

Keywords: *solar activity, elementary circulation mechanism, landslides, mudflows, prediction*

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019160-69>